

氏 名	鈴木 秀史
学 位 の 種 類	博士（理学）
学 位 記 番 号	博甲第 1094 号
学 位 授 与 の 日 付	平成 2 1 年 3 月 2 3 日
学 位 授 与 の 要 件	課程博士(学位規則第 4 条第 1 項)
学 位 授 与 の 題 目	大型化石群集による長野県上田市中期中新世の古環境の復元 ―主に深海性サメ類化石群集解析に基づいて―
論文審査委員（主査）	田崎 和江（理工研究域・教授）
論文審査委員（副査）	加藤 道雄（理工研究域・教授），神谷 隆宏（理工研究域・教授）， 奥野 正幸（理工研究域・教授），後藤 仁敏（鶴見大学短期大学部・教授）

Abstract

The paleoenvironment during the Middle Miocene time in the northern part of Ueda City, Nagano Prefecture, is reconstructed on the analyses of the mega fossil assemblage, in particular, mainly based on the analysis of a fossil deep-sea shark fauna. In this paper, many specimens of shark tooth remains, which were recovered from the Yokoo and Iseyama Formations, are systematically described. Four genera - *Squalus*, *Centrophorus*, *Deania*, and *Somniosus* - occurred in the upper part of the Yokoo Formation, and eight genera - *Squalus*, *Etmopterus*, *Centroscymnus*, *Centroselachus*, *Dalatias*, *Squaliomicros* nov., undecided genus and *Isurus* - occurred in the lower part of the Iseyama Formation.

This investigation led to the following conclusions.

- 1) Deep-sea shark fossils from the Yokoo and Iseyama Formations were classified into seventeen species in ten genera, *Squalus*, *Centrophorus*, *Deania*, *Etmopterus*, *Centroscymnus*, *Centroselachus*, *Somniosus*, *Dalatias*, *Squaliomicros* nov., and undecided genus, belonging to six families within the order Squaliformes. Accordingly, the presence of a deep-sea shark assemblage was established in the Middle Miocene Yokoo and Iseyama Formations.
- 2) Based on from the habitat of the Recent deep-sea sharks, the lithofacies, the molluscan and benthic foraminifer fossils, and the mode of occurrences of associated fossils, it is estimated that the upper part of the Yokoo Formation was deposited on the shelf slope at depths between 700 and 1,500 meters under the reducing conditions. And the lower part of the Iseyama Formation was deposited the continental or insular shelf and from shelf slope to abyssal plain at depths

2,100m which was fell sharply from the shallow sea of coastal or bay zone with surface warm current.

- 3) The upper part of the Yokoo Formation grades upward into the lower part of the Iseyama Formation. The paleoenvironment in this area changes continuously from a continental slope, at depths between about 700 and 1,500 meters, into a continental slope and abyssal plain at a depth of about 2,100 meters.

本研究の意義と目的

国内における深海性サメ類化石の産出記録は少ない。それは、深海相で、かつ、化石が多産する地層が限られている点、深海性サメ類の歯化石は幅 2mm 程度で小さく発見が困難であること、歯の形が多様で同定が困難であることが理由として考えられる。これまで複数の科が記載された代表的な報告は、愛知県中新統師崎層群^{もろざき}(西本・糸魚川, 1977, 1979; 西本, 1993), 岐阜県中新統瑞浪層群(糸魚川ほか, 1985)および群馬県中新統富岡層群^{とみおか}と安中層群^{あんなか}(高栗, 2005, 2007)の3地域のみで、群馬県では高栗(2007)が、深海性サメ類化石3目8科11属12種の産出を確認し、北西太平洋地域において深海性サメ類化石群集が確認されたのは初めてであると述べた。長野県からは小池・大江(1997, 1999, 2001)が、長野県安曇野市の中新統別所層上部から産出したツノザメ科の皮小歯と全身骨格に近い化石について報告しているが、産出数も2個体のみで詳細な記載はなされていない。以上を含め、高栗・鈴木(2008)は日本における深海性サメ類化石研究の現状を示したが、国内における同類化石の解明は始まったばかりであり、それは今後の研究に負うところが大きい。

本研究で報告するサメ類化石は、北部フォッサマグナ地域に位置する長野県上田市真田町本原神川河岸(本原・横尾地籍)に分布する中期中新世の横尾層と伊勢山層から産出した、ツノザメ目6科10属17種(うち新属とツノザメ目の未定種を含む)の単離した歯と歯列の一部の化石である。これらを愛知県と群馬県の中新統と比較すると、ほぼ同一地点から複数属が集中して産出している点、岩相によって産出する属構成に相違が見られる点および一部ではあるが歯列の産出が見られる点が大きく異なる。ツノザメ目は主に深海域に生息するサメ類とされ、7科25属130種に分類されている(Compagno et al., 2005)。これまでに上田市に分布する新第三系からは深海性魚類化石の産出が多く確認され、堆積当時、現在の静岡県駿河湾に似た海

底地形が存在していたことが推定されている(鈴木, 2005b, 2007a, b). 現在の駿河湾からは深海性魚類群集が確認されており(例えば Shinohara and Matsuura, 1997), 本地域における魚類化石群集の解明には, 同湾と群馬県の中新統から産出した魚類化石群集との比較が重要になると考えられる.

深海性サメ類は, 同属ではほぼ同じ生息域に棲み, 種ごとの分布水深の範囲は比較的狭く, 群集が存在する場合の生息域は鉛直方向に広いとされている(小林, 1986; 矢野・久貝, 1993). したがって, 化石群集も多くの種が産出する場合は, それぞれの種が異なる水深で生息しているため, その群集としての生息水深の鉛直方向への範囲は広いと推定される. 以上のように, 深海性サメ類群集の存在は, 産出地点があるいはその周辺の堆積当時に深海域(最深部で 2000m 程度)があったことを強く示すので, 同類群集成立の証明は, 共産化石の種類と産状および産出層準の岩相解析をあわせると, 堆積当時の海域周辺の古環境を推定する有効な方法になると考えられる.

本研究で紹介する深海性サメ類歯化石の歯列での産出は, 本地域以外には例がなく, その産状からは, 生体からの脱落直後か, あるいは, サメが死んだ直後に埋積されたことが推定できる. 歯列化石はカラスザメ属(*Etmopterus*), ユメザメ属(*Centroscyrnus*)およびフナガユメザメ属(*Centroselachus*)に属するものである. これらの現生属の生息域は深海性サメ類の中でも最も深く, 特にユメザメ属は深海底面付近を主たる棲息場とすることから(田中, 1995; Compagno et al., 2005), 本地域の化石包含層の堆積当時には同属生息域に重なる, あるいは, より上層の生息域に棲む複数属のサメ類が生息していたことが推定できる. また, 本研究においてクモヒトデ類の全身骨格化石とヨロイザメの歯と皮小歯群の化石が発見された. クモヒトデ類は死後早い段階で体節の分解が始まることが知られていて(石田, 1999), これら化石の産出は, 生存中か死後直後に速やかに埋積したことを示すと考えられる.

そこで, 本研究の筆者は, 長野県の中新世に存在した深海性サメ類化石群集を構成する属種を解明するために, 本地域から産出した同類各属の歯化石についての形態分類学的記載と同定を行った. その中で, 本研究によって発見されたサメ類歯化石をツノザメ目ヨロイザメ科に属する新属新種(ツラナガコビトヨロイザメ)として提唱し, その歯化石を記載した. また, 産出した深海性サメ類化石と, それらに対応する各現生属の現在の駿河湾における生息域との比較と, 共産する大型化石群集からの推定もあわせて, 長野県上田市北部に分布する新第三系の横尾層と伊勢山層の古環境を復元した. そして, 深海性サメ類化石群集の存在と産出層準の地層の解析をあわせた検討は, 堆積当時の古海況推定する有効な方法となることを示した.

深海性サメ類化石の考察からのまとめ

本研究による深海性サメ類化石からの考察をまとめる。

- ① 本研究, 鈴木(2007b)および Suzuki (2008b) より, 長野県上田市北部に分布する新第三系の横尾層上部と伊勢山層下部から, 深海性サメ類ツノザメ目 6 科 10 属 17 種が確認された。本研究の化石産出地点は下位の横尾層上部層から上位の伊勢山層下部 I 部層と下部 II 部層へ整合に重なる地層の境界付近であり, ほぼ同地点から同類化石群集が確認されていること, 産出層は整合に堆積していく地層であることから, 本地域の堆積期間において同類群集が成立していたことが考察される。本地域においては同類の中でも最も浅い生息域に棲むツノザメ属と, 深い生息域に棲むユメザメ属が混在し, かつ, 両属の間に 6 属が確認されることから, 堆積当時に深海域が存在し, 深海性サメ類群集が成立していたことが推定される。
- ② 現在深海性サメ類群集が確認されている駿河湾と日本近海の各属との比較から次の点が考察される。1) 横尾層上部層の堆積当時には, アイザメ属～ヘラツノザメ属群集の存在が考えられ, 現在の捕獲深度から生息深度は 300～800m であったと推定できる。同様に伊勢山層下部 I 部層は, ツノザメ属～ヨロイザメ属群集の存在から 120～800m, 伊勢山層下部 II 部層は, ツノザメ属～カラスザメ属～ユメザメ属～フナガユメザメ属～ヨロイザメ属群集の存在から, 150～1,200m と推定できる。2) 1,200m までの捕獲深度が確認されている属, すなわち, 伊勢山層下部 II 部層産のカラスザメ属とユメザメ属は, 1,200m 以深の大陸斜面に生息していた可能性があり, 特に, ユメザメ属は 2,000～2,300m 付近の深海平原で生息していた可能性も考えられる。
- ③ 本研究により現生種の同一種と仮定した種の Compagno et al. (2005) による生息域からは, 横尾層上部層は水深 200～1,500m, 伊勢山層下部 I 部層は最浅部 0～200m から 1,800m, 伊勢山層下部 II 部層は 0～2,100m の間で堆積した点が推定され, 日本近海の捕獲深度からは, 横尾層上部層が 500～650m, 伊勢山層下部 I 部層が 150～800m, 伊勢山層下部 II 部層が 150～1,200m の堆積が推定される。以上から, 下位の横尾層上部層よりも上位の伊勢山層下部 I 部層と下部 II 部層の方が深い海域で堆積した点, 地層が整合に漸移していくことから横尾層上部層の海から伊勢山層下部 I 部層と下部 II 部層への海は海域の深海化が進み, かつ, 水平方向にも広がっていった点が考察される。これは, 鈴木(2007b)の伊勢山層下部が浅い堆積場を周辺に備え, かつ, 大陸棚か陸棚縁辺から陸棚斜面へ連なる水

深幅の大きい海域で堆積したとする考察とも一致する。

- ④ 本研究と Suzuki (2008b) で記載されたフナガユメザメ属の一種 (*Centroselachus* sp.) について考察する。高桑 (2007) は、中期中新世前期の日本周辺海域にすでに深海性サメ類群集が成立していたとし、海況変化などによる地域的な絶滅を経て、現在の群集に至ったと述べた。本地域から産出したフナガユメザメ属は現在の日本周辺海域では確認されていない。したがって、本地域に存在したフナガユメザメ属は絶滅した可能性も考えられるが、今後、同属化石が中期中新世の深海相の地層から発見される、あるいは、調査機器の進歩によって現生属が現在の日本近海の深海から新たに発見される可能性が高いと考えられる。
- ⑤ 本研究により現生種の同一種と仮定した種の 7 種は現在の駿河湾と共通する。特に、最も深い生息深度にすみ、かつ、日本近海では駿河湾でのみ確認されているマルバラユメザメが共通する点から、堆積当時の本地域が駿河湾に似た海域であったことが推定できる。
- ⑥ 伊勢山層下部 I 部層から産出したヨロイザメ化石は、歯群と皮小歯群の産状が見られることと、伊勢山層下部 II 部層から産出したカラスザメ属、ユメザメ属およびフナガユメザメ属は接合した歯列の一部での産出が多いことから、それぞれの化石は現地性であることが推定され、また、各属の生息域に近い深海の海底面が存在し、それらの生物の死の前後に、速やかに泥が被覆し化石化したことが考察される。
- ⑦ 標本 GNSTKU-PV0012a・b を、ツノザメ目ヨロイザメ科の新属新種(ツラナガコビトヨロイザメ)と提唱した。本標本は、歯の形態的特徴から現生 2 属、すなわち、*Euprotomicrus* 属とツラナガコビトザメ属 (*Squaliolus*) の近似属と考えられる。したがって、本標本を *Euprotomicrus* 属とツラナガコビトザメ属 (*Squaliolus*) から、ツラナガコビトヨロイザメ属 (*Squaliomicros*) と命名し、新属記載をした。

共産化石の考察からのまとめ

本地域から産出した深海性サメ類の共産化石と玄能石からの考察をまとめる。

- ① 海藻化石の産出と産状から、伊勢山層下部 II 部層が堆積した海域の周辺には潮間帯や低潮線から水深数 m の入江的な湾に等しい場所があり、産状から自生域から大きな移動がなく海底に運ばれ、化石になったことが推定される。
- ② コケムシ化石の産出と産状から、伊勢山層下部 II 部層が堆積した海域の周辺に

は、単層被覆性のコケムシが群体形(Membraniporiform B)で生息する深度 0～約 100m の海域があり、沿岸環境に近い場所、例えば岩礁帯が存在したことが推定される。

- ③ クモヒトデ類化石の産出と産状から、伊勢山層下部Ⅰ部層の堆積深度は最深部で 1,900m 程度であったと推定される。
- ④ 植物化石の産出と産状から、伊勢山層下部Ⅱ部層が堆積した海域の周辺には、植物を供給した源森林は低斜面ないし、底地生と斜面生が大部分を占め底地水辺生が若干混ざるものとし、化石の生成した堆積盆が海底に近い低地マールで、近海林地生と見られる植物や照葉植物から、暖流影響下の外洋が近くにあったと考えられる。気候については温暖で、年平均 10～15℃、雪や霜は少なく、湿度は高く年降雨量は 1,500mm 以上と推定される。
- ⑤ 甲殻類と頭足類化石の産出と産状から、伊勢山層下部Ⅱ部層の堆積海域には表層暖流が流入し、かつ、比較的深い海底があり、そこで形成された貧酸素水塊が上昇することにより、中層から表層で生活していた生物を巻き込み、還元環境状態になる深い海底面に沈んでいって化石となる出来事があったことが推定される。
- ⑥ 玄能石の産出と産状から、少なくとも伊勢山層下部Ⅱ部層の堆積時には海底面が冷海水(水温 0～数℃)の影響を受けていたことと、玄能石が海底面で短時間に形成されたことが推定される。

結論

- 1) 長野県上田市真田町本原の新第三系の横尾層上部と伊勢山層下部(中期中新世)から、深海性サメ類のツノザメ目 6 科 10 属 17 種の単離歯、歯群および接合した歯列の一部の化石が確認され、深海性サメ類群集が成立していたことが明らかとなった。ほぼ同じ産出地点から複数属の同類化石が集中して産出することは中新世の地層では珍しい。同類群集成立は深海域の存在を強く示す。したがって、群集成立の証明は、共産化石の種類と産状および産出層準の岩相解析をあわせると、堆積当時の海域周辺の古環境を推定する有効な方法となる。
- 2) 本地域において、下位の横尾層上部層よりも上位の伊勢山層下部Ⅰ部層と下部Ⅱ部層の方が深い海域で堆積した。横尾層上部層から伊勢山層下部Ⅰ部層と下部Ⅱ部層に向かって海は深海化が進み、かつ、水平方向にも広がっていった。

- 3) 横尾層上部層は大陸斜面で堆積した。伊勢山層下部層は、沿岸域から大陸棚～大陸斜面～深海平原で堆積した。伊勢山層下部Ⅰ部層と下部Ⅱ部層の堆積海域は、周辺に浅い堆積場、つまり沿岸・岩礁域を備え、そこから比較的狭い大陸棚を経て大陸斜面へ急落し深海平原へと続くような、現在の駿河湾の海底地形に近い海域であった。
- 4) フォッサマグナ地域の 16Ma から 15Ma の古地理は、フォッサマグナを通じて太平洋と日本海がつながり、その海路には島状の陸域が存在していた。海には表層暖流が流れ込み、陸域は暖温帯～亜熱帯に近い気候であった。
- 5) フンナガユメザメ属の一種は日本の中新世から初の産出である。同種は現在の日本周辺海域には生息していないため、中期中新世以降に絶滅したか、あるいは、これから日本周辺の深海で新たに発見される可能性が考えられる。
- 6) 深海性サメ類であるツノザメ目から、ヨロイザメ科の新属新種であるツラナガコビトヨロイザメを提唱した。

学位論文審査結果の要旨

鈴木秀史は長野県上田市に分布する中期中新世の横尾層と伊勢山層について、産出する大型化石群集（特に深海性サメ類化石群集）を解析し、堆積当時に、現在の日本に生息していない深海ザメが存在し、かつ、深海性サメ類群集が成立していたことを明らかにし、海岸周辺に生息する植物などの大型化石をあわせて陸域を含めた古環境を復元した。特に深海性サメ類化石群集については、これまでの鈴木の先行研究とあわせて、ツノザメ目から6科10属17種の同定を行っている。また、本研究において歯化石の形態的特徴に基づいてツノザメ目ヨロイザメ科の親属新種としてツラナガコビトヨロイザメを提唱している。これまで化石が多産する同地域において、大型化石群集の解明はほとんど行われておらず不明な点も多かったが、鈴木が詳細なフィールドワーク、試料の採集および化石の形態学的分類を行った結果、同地域に最大で水深が2100mにもおよぶ海底が存在し深海性サメ類の群集が成立していたこと、同類化石は産状によって現地性であるか異地性であるかを判断できること、およびそれらと他の化石と岩相解析をあわせた古環境の復元法は有効であることを明らかにした。また、鈴木は本学後期博士課程在籍中に査読付き論文「Squaliform shark teeth of the genus *Centroselachus* from the Miocene of Japan」(英文)と「長野県上田市中部中新統伊勢山層からミズウオ類口蓋骨化石の発見」(和文)の、軟骨魚類と硬骨魚類化石に関する2論文を地質学雑誌に公表した。なお、一次審査会は1月29日に行った。以上の研究成果は、博士(理学)に値すると判定した。